Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 19, No. 1, Spring. 2021, p. 49-59

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۹، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، ص. ۵۹-۴۹

مقاله پژوهشی

# بررسی اثر آبیاری تلفیقی با آب شور بر عملکرد و خواص مورفولوژیکی گیاه کینوا

صابر جمالی[1]، حسین انصاری[2]*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۲۳

## چکیده

به‌منظور بررسی اثر آبیاری با روش تلفیق آب شور و آب چاه بر عملکرد، خواص رشدی و بهره‌وری فیزیکی گیاه کینوا آزمایشی در قالب طرح کامل تصادفی با ۶ تیمار (آب چاه با هدایت الکتریکی ۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر (شاهد FW)، آب شور با هدایت الکتریکی ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر (SW)، اختلاط ۵۰:۵۰ آب شور با آب چاه با هدایت الکتریکی ۷/۲ دسی‌زیمنس بر متر (MSW)، آبیاری یک در میان با آب شور و آب چاه (ASW)، شوری موضعی ثابت ریشه (FPRS) و شوری موضعی متناوب ریشه (APRS)) تحت شرایط گلخانه‌ای در دانشگاه فردوسی مشهد با سه تکرار در سال ۱۳۹۷ اجرا شد. نتایج نشان داد که مدیریت‌های مختلف آبیاری بر بهره‌وری مصرف آب، شاخص برداشت، طول پانیکول، ارتفاع، قطر ساقه، وزن پانیکول و عملکرد دانه در بوته در سطح احتمال یک درصد و بر تعداد شاخه جانبی، عرض و تعداد پانیکول و وزن هزار دانه کینوا در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. عملکرد دانه در مقایسه با استفاده از آب شور در کل فصل رشدی گیاه و به میزان ۲۳/۴ (ASW)، ۱۸/۰ (MSW)، ۱۸/۹ (APRS) و ۲/۷ درصد (FPRS) افزایش داشت. اعمال تیمارهای مدیریتی در آبیاری گیاه کینوا منجر به بهبود در بهره‌وری فیزیکی مصرف آب شده است، به‌طوری‌که اعمال تیمارهای ASW، MSW، FPRS و APRS نسبت به تیمار SW منجر به تغییرات مثبت و به میزان ۲۵/۰، ۱۲/۵، ۳/۸ و ۲۵/۰ درصد شد. در این پژوهش تیمارهای ASW و APRS با عملکرد و بهره‌وری مصرف آب بیشتر در شرایط اعمال آب شور در آبیاری تیمار بهینه است.

**واژه‌های کلیدی:** بهره‌وری فیزیکی، شوری موضعی ریشه، عملکرد دانه، مدیریت تناوبی، وزن هزار دانه

## مقدمه

وقوع خشکسالی‌های متوالی در سال‌های گذشته، اثرات نامطلوبی بر میزان تولید محصولات کشاورزی بر جای گذاشته است و این موضوع استفاده اصولی از کلیه منابع آب موجود و در دسترس از جمله آب‌های شور و ارتقای بهره‌وری آب در جهت تقلیل اثرات زیان‌بار خشکسالی را اجتناب‌ناپذیر و ضروری می‌سازد. بنابراین باید این نگرش در بخش کشاورزی کشور حاکم گردد که آب، کالای یک‌بار مصرف نیست و به‌منظور کشاورزی پایدار باید از منابع آب‌های شور برای تولید محصول با حداقل اثرات منفی محیطزیستی بهره جست (Qadir and Oster, 2004; Jamali, 2017). شوری و خشکی از جمله عوامل تأثیرگذاری است که موجب بی‌ثباتی در عملکرد گیاه کینوا در مناطق خشک و نیمه‌خشک شده است (Razzaghi *et al.*, 2012; Pulvento *et al.*, 2012). در ذیل برخی پژوهش‌های انجام شده در زمینه روش‌های مدیریتی استفاده از آب شور و تنش شوری و اثر آن بر روی گیاه کینوا ارائه شده است.

نتایج پژوهشی که بر روی گیاه کینوا انجام شده، نشان‌دهنده‌ی کاهش ارتفاع، وزن خشک بوته و ریشه به‌ترتیب به میزان ۸/۸، ۸/۳ و ۴/۵ درصد (۱۵۰ میلی‌مولار و رقم Vikinga)، ۲۷/۹، ۲۹/۵ و ۱۱/۴ درصد (۳۰۰ میلی‌مولار و رقم Vikinga)، ۷/۷، ۴/۸ و ۵/۸ درصد (۱۵۰ میلی‌مولار و رقم A7) و ۲۰/۲، ۱۶/۲ و ۱۳/۵ درصد (۳۰۰ میلی‌مولار و رقم A7) است (Parvez *et al.*, 2020). نتایج جمالی و انصاری (۲۰۱۹) بر روی گیاه کینوا رقم Titicaca، نشان داد که استفاده از مدیریت‌های مختلف آب شور در آبیاری عملکرد دانه و وزن هزاردانه را به میزان ۲۰/۸ و ۲۰ درصد (آبیاری با آب شور در کل دوره رشدی گیاه)، ۱۴/۷ و ۱۳/۶ درصد (مدیریت اختلاطی) و ۸/۱ و ۷/۷ درصد (مدیریت تناوبی) نسبت به آبیاری با آب چاه در آبیاری کاهش یافت. در پژوهشی یانگ و همکاران (۲۰۱۷) اثر شوری را بر روی عملکرد گیاه کینوا رقم Titicaca مورد بررسی قرار داده و نتایج‌شان نشان داد که اعمال تنش شوری منجر به کاهش معنی‌دار در ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی و عملکرد در سطح احتمال یک درصد شد. در پژوهشی، گیاه کینوا رقم cv. Real Blanca تحت تیمارهای مختلف شوری مورد بررسی قرار گرفته و نتایج نشان‌دهنده کاهش وزن خشک ریشه، ساقه و برگ شده و کارآیی مصرف آب بود (Miranda-Apodaca *et al.*, 2018).

---

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۲- استاد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: Ansary@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jcesc.2021.37118.0

در پژوهشی دیگر سطوح مختلف شوری بر روی گیاه کینوا ارقام Q19، AMES22157، AMES22157، Q31، Q12 Accession، AMES22157، AMES22157 و Q31 بررسی شده و نتایج نشان‌دهنده کاهش معنی‌دار در خواص مورفولوژیکی گیاه (زیست‌توده گیاه، ارتفاع، تعداد شاخه فرعی، تعداد پانیکول، طول پانیکول)، عملکرد دانه و شاخص برداشت شده است (Hussain *et al.*, 2018). در پژوهش دیگری که بر روی دو رقم کینوا Puno و A1 انجام شد، تیمارهای شوری (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌مولار نمک سدیم کلرید) بوده و منجر به تغییراتی بر روی صفت ارتفاع (۱۹/۰+، ۲۱/۴- و ۵۲/۴- درصد) در رقم Puno و ۸/۴+، ۱۵/۹- و ۴۰/۸- درصد در رقم A1 شد (لازم به ذکر است که اعداد مثبت و منفی به‌ترتیب بیانگر افزایش و کاهش صفت است) (Riaz *et al.*, 2020). نتایج پژوهشی دیگر که بر روی دو رقم Q2 و Q7 گیاه کینوا در مناطق فیصل‌آباد و پیندی بهاتیان پاکستان انجام شد، نشان داد که اعمال تنش شوری منجر به کاهش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و وزن هزار دانه در منطقه فیصل آباد و پیندی بهاتیان شد (Iqbal *et al.*, 2019). در پژوهش مانا و همکاران (۲۰۱۹)، ملکی و همکاران (۲۰۱۹)، محمود و همکاران (۲۰۱۹)، خلیلی و همکاران (۲۰۱۹)، جمالی و شریفان (۲۰۱۸) و ملکی و همکاران (۲۰۱۸) نیز شوری آب آبیاری منجر به کاهش وزن هزار دانه، عملکرد دانه، تعداد پانیکول، وزن خشک پانیکول، طول پانیکول، تعداد برگ، ارتفاع گیاه، تعداد پانیکول در ارقام مختلف گیاه کینوا شده است.

با توجه به اهمیت گیاه کینوا از نظر ارزش غذایی دانه آن از یک سو و افزایش تولیدات غذایی (به دلیل افزایش جمعیت) و افزایش تقاضای آب (با توجه به کم‌آبی و محدودیت آب‌های شیرین) از سوی دیگر، نیاز به تأمین امنیت غذایی و استفاده از آب‌های نامتعارف (شور و لب شور) بیش از پیش باید مورد توجه قرار گیرد. از این رو در این تحقیق از گیاه کینوا رقم NSRCQ1 استفاده شده که قادر به تولید مناسب در شرایط شوری است، همچنین در این پژوهش مدیریت‌های مختلف استفاده از آب شور در کشاورزی (مدیریت اختلاطی، تلفیقی و تلفیق موضعی ریشه به‌صورت ثابت و متغیر) نیز بر روی این گیاه مورد بررسی قرار گرفته و عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری فیزیکی این گیاه در شرایط اعمال مدیریت‌های مختلف بررسی شده است.

## مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر مدیریت‌های مختلف آب شور در آبیاری گیاه کینوا لاین NSRCQ1 پژوهشی در سال ۱۳۹۷ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد با موقعیت جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی، ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی و ۹۵۸ متر ارتفاع از سطح دریا انجام شد. طرح آماری مورد استفاده در این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی بر پایه‌ی کشت گلدانی (با گلدان‌هایی با ابعاد ۲۰ (قطر) و ۳۰ (ارتفاع) سانتی‌متری با سه تکرار بود. تیمارهای مورد بررسی در این پژوهش شامل شش مدیریت استفاده از آب شور در آبیاری بوده که شامل آبیاری با آب چاه با هدایت الکتریکی ۱/۲ دسی‌زیمنس در متر در کل دوره رشدی FW[1]، آبیاری با آب شور حاصل از انحلال سدیم کلرید با هدایت الکتریکی ۱۵ دسی‌زیمنس در متر در کل دوره رشدی SW[2]، آبیاری یک در میان با آب شور (۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) و آب چاه در هر دوره آبیاری گیاه ASW[3]، اختلاط ۵۰:۵۰ آب شور (۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) و آب چاه که آب اختلاطی دارای هدایت الکتریکی ۷/۲ دسی‌زیمنس در متر بوده و در کل دوره رشدی گیاه اعمال شد MSW[4]، شوری موضعی ثابت ریشه به این صورت که به‌طور ثابت، نصف محیط ریشه که با جداکننده‌ها از هم جدا شده با آب شور (۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) و نصف دیگر با آب چاه آبیاری شد FPRS[5]، شوری موضعی متناوب ریشه به این صورت که به‌طور نصف محیط ریشه که با جداکننده‌ها از هم جدا شده با آب شور (۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) و نصف دیگر با آب چاه آبیاری شد و در نوبت آبیاری بعدی این رویه به‌صورت تناوبی صورت گرفت، به عبارت دیگر در هر بار آبیاری قسمتی از ریشه که با آب شور آبیاری شده بود در سری بعد با آب چاه آبیاری شد APRS[6]، بود و بر روی گیاه کینوا اعمال شد (Marzi *et al.*, 2019). قبل از این‌که گلدان‌ها از خاک مرکب (۴۰، ۴۰، ۱۰ و ۱۰ درصد خاک، ماسه، کود دامی و پرلیت) پر شوند، تیغه‌های پلی‌کربناتی که برای جدا کردن محدوده توسعه ریشه‌ها نیاز بود، با توجه به ابعاد صفحه تقارن گلدان بریده و با چسب آکواریوم در محل خود نصب و آب‌بندی شد. به منظور کشت بذر در وسط صفحه و قسمت بالای آن به‌صورت مثلثی برش داده تا ریشه‌ها بتوانند، در دو سمت تیغه رشد داشته باشند و در ابتدا برای این‌که بذور از جای خود که در قسمت مثلثی کشت شده بود، جابه‌جا نشود بر روی سطح خاک آب اسپری شد. عمق و دور آبیاری در این طرح متغیر بود. دور آبیاری بر اساس رطوبت موجود در خاک با استفاده از دستگاه TDR[7] تعیین شده و اعمال شد. میزان آب آبیاری بر اساس روش وزنی محاسبه شد، برای این منظور در ابتدا گلدان‌ها به‌طور یکسان از خاک پر شده و وزن شدند و پس از آن گلدان‌ها را اشباع کرده و به مدت ۴۸ ساعت روی سطح مشبک قرار داده شد تا هر گلدان پس از

---

1- Fresh water
2- Saline water
3- Alternate saline water and well water
4- Mixture of saline water and well water (50:50)
لازم به ذکر است که برای تهیه این آب، در ابتدا آب شور تهیه شده و سپس آب شور و چاه با نسبت ۱:۱ در بشکه‌ی مجزا باهم مخلوط شدند.
5- Fixed Partial Root-Zone Salinity-Stress
6- Alternative Partial Root-Zone Salinity-Stress
۷- دستگاه مذکور ساخت تایوان بوده و مدل آن PMS-714 می‌باشد که دارای یک سنسور بوده و برای خاک مذکور کالیبره شده بود.

زهکشی آب اضافی به ظرفیت زراعی برسد. در این مرحله گلدان‌ها به‌سرعت وزن شده و خاک آن‌ها در دمای ۱۰۵ درجه به مدت ۴۸ ساعت کاملاً خشک گردید. در ادامه پس از مشخص شدن درصد وزنی رطوبت خاک در ظرفیت زراعی مزرعه، میزان رطوبت موجود در خاک برای اعمال تیمارهای رطوبتی مختلف مشخص شده و با قرائت روزانه دستگاه TDR (با توجه به مقاوم بودن این گیاه به تنش خشکی (Al-Naggar *et al.*, 2017)) زمان آبیاری تعیین شد. تا ۱۴ روز پس از کاشت (مرحله ۴ تا ۶ برگی شدن بوته‌ها)، گلدان‌ها در رژیم‌های یکسان آبیاری شدند و از این مرحله به بعد، برای تعیین رژیم‌های آبیاری به‌طور روزانه رطوبت هرکدام از گلدان‌ها اندازه‌گیری و رژیم‌هایی که درصد وزنی رطوبت خاک به درصد موردنظر رسید، آبیاری در هر تیمار انجام شد و به میزان کمبود وزن گلدان‌ها از حالت FC به گلدان‌ها آب داده شد (Khorasaninejad *et al.*, 2018). خصوصیات شیمیایی آب و خاک مورد استفاده در آزمایش در جدول ۱ و ۲ ارائه شده است. در تاریخ ۵ آذر ۹۷ در هر گلدان ۱۰ بذر گیاه کینوا لاین NSRCQ1 در عمق ۱/۵ سانتی‌متری کشت شده و پس از رسیدن به مرحله ۴ برگی تراکم بوته در هر گلدان به دو بوته رسید (شکل ۱). در مرحله داشت برای مقابله با آفت شته و مگس سفید ۵ مرحله سم‌پاشی با سموم دورسبان و کنفیدور به‌صورت دوره‌ای و با غلظت یک در هزار حجمی انجام شد.

**جدول ۱- خصوصیات شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده**

**Table1- Chemical properties of used water**

| کیفیت آب Water quality | ترکیبات شیمیایی Chemical properties | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | pH | $EC_{25}$ ($dS.m^{-1}$) | $HCO_3$ | $SO_4$ | Mg | Ca | K | Na | Cl | SAR |
| | | | meq $L^{-1}$ | | | | | | | |
| آب چاه Fresh water | 8.2 | 1.2 | 7.8 | 1.7 | 2.8 | 4.4 | 0.6 | 4.1 | 2.4 | 1.73 |
| اختلاط ۵۰:۵۰ Mixture 50:50 % | 8.05 | 7.2 | 10.9 | 18.2 | 20.1 | 13.5 | 0.57 | 34.7 | 39.6 | 8.59 |
| آب شور Saline water | 7.8 | 15 | 16.4 | 31.9 | 29.6 | 25.6 | 0.85 | 89.4 | 96.1 | 17.02 |

**جدول ۲- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک زراعی مورد استفاده**

**Table 2- Some of chemical and physiological properties of Soil**

| بافت خاک Soil texture | پتاسیم K | فسفر P | کربن آلی O.C | نیتروژن N | pH | هدایت الکتریکی EC | چگالی ظاهری Bulk density | حد ظرفیت زراعی FC (percent) | رس clay | سیلت silt | شن sand |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mg.$kg^{-1}$ | | % | | g.$cm^{-3}$ | dS.$m^{-1}$ | | | | % | |
| سیلتی لومی Silty loamy | 106.4 | 11 | 0.65 | 0.051 | 7.85 | 1.2 | 1.34 | 26 | 21 | 53 | 26 |

$$HI = \frac{GY}{BY} \quad (۱)$$

$$WP = \frac{GY}{CWR} \quad (۲)$$

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $FW_1$ | $MSW_2$ | $ASW_1$ | $SW_1$ | $MSW_1$ | $APRS_3$ |
| $SW_3$ | $APRS_2$ | $FPRS_1$ | $SW_2$ | $APRS_1$ | $ASW_2$ |
| $ASW_3$ | $FPRS_2$ | $FW_2$ | $MSW_3$ | $FPRS_3$ | $FW_1$ |

**شکل ۱- شماتیک موقعیت تیمارها و گلدان‌ها در گلخانه**

**Figure 1- station and replication Treatment and pots in greenhouse**

در این مرحله برای مقابله با علف‌های هرز طی دو مرحله و به‌صورت مکانیکی علف‌های هرز برداشت شد، همچنین در این پژوهش طی سه مرحله کوددهی با کود NPK با نسبت‌های ۲۰:۲۰:۲۰ اعمال شد. قبل از برداشت محصولات و گیاهان، به مدت

۲ هفته قبل از برداشت آبیاری قطع شده و گیاهان پس از آن کف‌بری شدند و پارامترهایی نظیر تعداد شاخه جانبی، تعداد پانیکول، طول و عرض پانیکول، ارتفاع، قطر ساقه، وزن پانیکول، شاخص برداشت (رابطه ۱)، عملکرد دانه[۱]، وزن هزار دانه و بهره‌وری فیزیکی مصرف آب مبتنی بر عملکرد دانه برداشت شده (رابطه ۲) و با استفاده از نرم‌افزار SAS (ver. 9.4) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. در رابطه (۱) و (۲) به‌ترتیب HI، GY، BY، WP و CWR بیانگر شاخص برداشت، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، بهره‌وری مصرف آب و آب مصرفی است. برای آزمون مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح پنج درصد استفاده شد. نمودار و جداول نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم گردید.

## نتایج و بحث

بر اساس تجزیه واریانس صفات مورد بررسی و مطابق جدول ۳، مدیریت‌های مختلف آبیاری بر بهره‌وری مصرف آب، شاخص برداشت، طول پانیکول، ارتفاع، قطر ساقه، وزن پانیکول و عملکرد دانه در بوته در سطح احتمال یک درصد و بر تعداد شاخه جانبی، عرض و تعداد پانیکول و وزن هزار دانه کینوا در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. استفاده از مدیریت‌های اختلاطی MSW و تناوبی آب شور ASW به‌ترتیب منجر به بهبود ۵۳/۸ و ۷۶/۴ درصدی (تعداد شاخه جانبی) و ۱۷/۶ و ۹۴/۱ درصدی (تعداد پانیکول) نسبت به اعمال آب شور در کل دوره رشدی گیاه شد. از طرفی استفاده از تیمارهای موضعی شوری ریشه نیز نسبت به تیمار آبیاری با آب شور در کل دوره رشدی گیاه سبب بهبود در صفت تعداد شاخه جانبی (FPRS) ۳۰/۸ و (APRS) ۵۳/۸ درصد) و تعداد پانیکول (FPRS) ۳۵/۳ و (APRS) ۷۶/۴ درصد) شد. بر اساس نتایج جدول ۴، بیشترین میزان از طول و عرض پانیکول در تیمار W مشاهده شد (به‌ترتیب ۱۳/۷ و ۳/۴۳ سانتی‌متر). کمترین میزان از این صفات نیز به‌ترتیب با ۸/۰ سانتی‌متر در تیمار SW و ۲/۶ سانتی‌متر در تیمار FPRS مشاهده شد. مطابق با نتایج جدول ۴ ارتفاع بوته و قطر ساقه نیز به‌ترتیب در تیمارهای W (۷۱/۲ و ۰/۷۳ سانتی‌متر) و SW (۵۳/۶ و ۰/۳۷ سانتی‌متر) دارای بیشترین و کمترین مقدار بودند. نتایج این جدول نشان‌دهنده بهبود در صفت طول پانیکول در شرایط اعمال مدیریت‌های استفاده از آب شور ASW، MSW، FPRS و APRS (نسبت به استفاده از آب شور در آبیاری گیاه در کل دوره رشدی) به میزان ۴۶/۳، ۱۵/۰، ۱۷/۵ و ۱۸/۸ درصد است، همچنین نتایج نشان داد که در شرایط اعمال تیمارهای مذکور در صفت عرض پانیکول نیز تغییراتی نسبت به اعمال آب شور در آبیاری در کل دوره رشدی و به میزان ۱۵/۰+، ۱۰/۹+، ۲/۶− و ۴/۹+ داشت (لازم به ذکر است که علامت‌های + و − به‌ترتیب بیانگر افزایش و کاهش در صفت مذکور است). اعمال تیمارهای مدیریتی آب شور نظیر ASW سبب بهبود در صفت ارتفاع (۳۰/۰ درصد) و قطر ساقه (۸۹/۲ درصد) شد، بقیه تیمارهای مدیریتی نیز MSW، FPRS و APRS سبب بهبود در ارتفاع (به‌ترتیب ۱۸/۳، ۴/۳ و ۱۳/۹ درصد) و قطر ساقه (به‌ترتیب ۸۱/۱، ۲۷/۰ و ۵۴/۱ درصد) شدند. بر اساس نتایج جدول ۴ اعمال تیمارهای مدیریتی در استفاده از آب شور منجر به بهبود در وزن پانیکول شده، به‌طوری‌که بیشترین میزان از این صفت در تیمار W (۲۲/۹۷ گرم) و کمترین میزان آن نیز در تیمار SW (۱۶/۹ گرم) مشاهده شد. اعمال تیمارهای مدیریتی آب شور نظیر ASW، MSW، FPRS و APRS منجر به تغییراتی در وزن پانیکول شده است که میزان آن برابر با ۱۷/۷، ۷/۷، ۴/۱ و ۱۱/۲ درصد بود، شد. بر اساس نتایج جدول ۴ بیشترین میزان از شاخص برداشت در تیمار W (۴۲/۲ درصد) و کمترین میزان آن نیز در تیمار SW (۳۰/۴ درصد) مشاهده شد. استفاده از مدیریت‌های اختلاطی MSW و تناوبی آب شور ASW به‌ترتیب منجر به بهبود ۱۷/۸ و ۱۳/۸ درصدی شاخص برداشت نسبت به اعمال آب شور در کل دوره رشدی گیاه شد. از طرفی استفاده از تیمارهای موضعی شوری ریشه نیز نسبت به تیمار آبیاری با آب شور در کل دوره رشدی گیاه سبب بهبود در صفت شاخص جانبی (FPRS) ۸/۲ و (APRS) ۳۲/۲ درصد) شد. لازم به ذکر است که در صفات مذکور حروف مشترک در ستون‌ها بیانگر عدم معنی‌داری در مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد است.

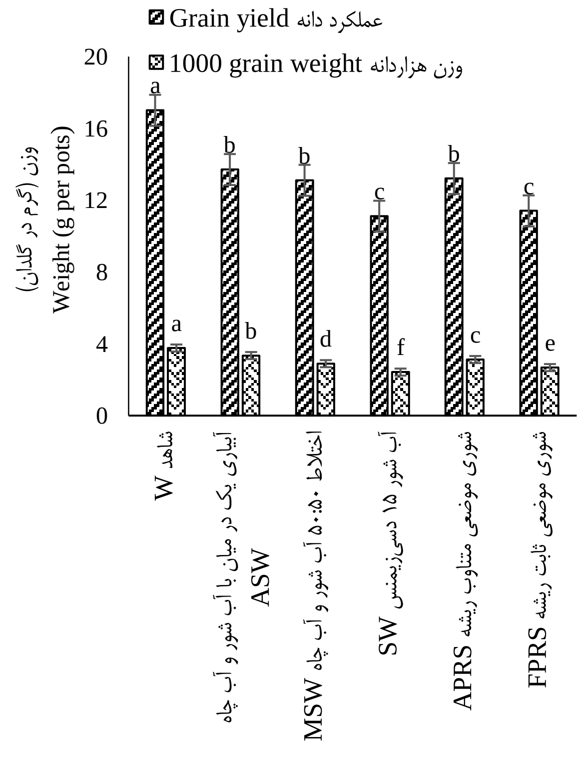
طبق شکل ۲ بین تیمارهای مورد بررسی بیشترین میزان عملکرد دانه در تیمار W با میزان ۱۷/۰ گرم و کمترین میزان نیز در تیمار SW با ۱۱/۱ گرم در گلدان مشاهده شد. لازم به ذکر است که بین تیمارهای ASW، MSW و APRS در این صفت در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار در مقایسه میانگین‌ها مشاهده نشد، همچنین مطابق با نتایج این شکل، بین تیمارهای SW و FPRS در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری در مقایسه میانگین‌ها مشاهده نشد. اعمال مدیریت‌های آب شور در پژوهش حاضر منجر به کاهش اثر استفاده از آب شور در آبیاری گیاه کینوا شده است، به‌طوری‌که اعمال این روش‌های مدیریتی منجر به افزایش عملکرد دانه در مقایسه با استفاده از آب شور در کل فصل رشدی گیاه و به میزان ۲۳/۴ (ASW)، ۱۸/۰ (MSW)، ۱۸/۹ (APRS) و ۲/۷ درصد (FPRS) شده است. باتوجه به شکل ۲ بیشترین و کمترین میزان وزن هزار دانه نیز به‌ترتیب با ۳/۷۶ و ۲/۴۲ گرم در تیمارهای W و SW مشاهده شد. بر اساس نتایج شکل ۳، بیشترین و کمترین میزان بهره‌وری فیزیکی مصرف آب، به‌ترتیب در تیمارهای W (۱/۳ کیلوگرم در متر مکعب) و WS (۰/۸ کیلوگرم در متر مکعب) مشاهده شد. لازم به ذکر

---

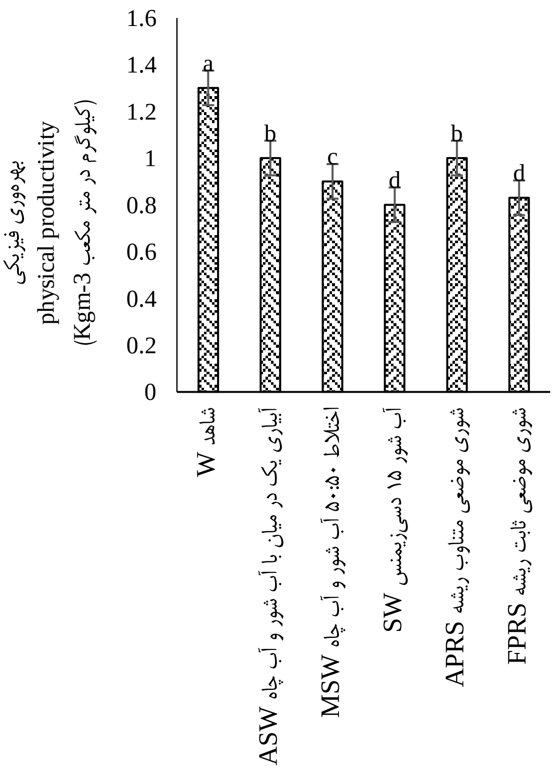
۱- برای محاسبه عملکرد دانه در این پژوهش از میانگین وزن دانه بر حسب گرم در گلدان استفاده شده است.

است کـه در ایـن صـفت بـین تیمارهـای ASW و APRS و بـین تیمارهای SW و FPRS در سطح احتمال ۵ درصد اخـتلاف معنـی‌دار آماری در مقایسه میانگین‌ها مشاهده نشد. اعمال تیمارهـای مـدیریتی در آبیاری گیاه کینوا منجر به بهبود در بهره‌وری فیزیکـی مصـرف آب شده است، به‌طوری‌کـه اعمـال تیمارهـای ASW، MSW، FPRS و APRS نسبت به تیمار SW منجـر بـه تغییـرات مثبـت و بـه میـزان ۲۵/۰، ۱۲/۵، ۳/۸ و ۲۵/۰ درصد شد. در صفات رشـدی کـه بـر روی عملکرد دانه اثر مسـتقیمی دارد، مـی‌تـوان کـاهش تجمـع امـلاح در منطقه توسعه ریشه با استفاده از مدیریت‌های انجام شده، اشاره کـرد. از جمله دلایل کاهش اثر سوی شوری بر روی ایـن صـفات در تیمـار اختلاطی می‌تواند به دلیل کاهش هدایت الکتریکی و املاح موجود در آب باشد که جذب آب توسط گیاه را به دلیل کاهش پتانسیل اسـمزی آب، افزایش می‌دهد و منجر به بهبود در این صفات می‌شـود. اعمـال تیمارهای تناوبی آبیاری با آب شور و آب چاه نیز با توجه به این‌که بـا استفاده از آب چاه قسمتی از املاح آبشـویی شـده و از ناحیـه توسـعه ریشه خارج می‌شود و گیاه با تنش کمتری مواجه است، بهبود در ایـن صفات با توجه به بهبود در جـذب آب و مـواد غـذایی محتمـل اسـت (Jamali, 2017).

در تیمارهای FPRS نیز به دلیل این‌که تنها یک قسمت از ناحیـه توسعه ریشه با شوری مواجه شده و املاح در این ناحیه تجمع یافته و از سمت دیگر محدودیتی برای گیاه از نظر شوری وجود ندارد، جـذب آب و املاح از این ناحیه اتفاق افتاده و گیاه تنش کمتـری نسـبت بـه حالت استفاده از آب شور در کل محیط توسعه ریشه متحمل می‌شـود. در تیمار APRS نیز مشابه تیمار آبیاری متناوب، منطقه توسعه ریشـه با آبشویی در زمان‌های اعمال آب چاه و کاهش شوری سبب بهبود در توسعه ریشه و به تبع آن بهبود در جذب آب و مواد غـذایی کـه خـود منجر بهبود در تقسیم سلولی و طویل شدن سـلول‌هـا مـی‌شـود و در نهایت آن تعداد شاخه و برگ افزایش یافته که خـود دلیلـی بـر تولیـد بیشتر شیره پرورده است، به‌طوری‌که بر اساس نتایج این پژوهش نیـز این مهم مشاهده شده است.




**شکل ۲- اثر مدیریت تلفیقی آب شور بر عملکرد دانه و وزن هزار دانه کینوا**
**Figure 2- The effects of conjunctive moderation of saline water on grain yield and 1000 kernel weight of Quinoa**




**شکل ۳- اثر مدیریت تلفیقی آب شور بر بهره‌وری فیزیکی کینوا**
**Figure 3- The effects of conjunctive moderation of saline water on physical productivity of Quinoa**

جدول ۳- تجزیه واریانس بهره‌وری مصرف آب، صفات عملکردی و اجزای عملکردی گیاه کینوا

Table 3- Analysis of variance of water productivity, yield and yield components characteristics of Quinoa

| منابع تغییرات Source of variation | درجه آزادی DF | میانگین مربعات Mean Square | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | وزن هزاردانه 1000 grain weight | عملکرد دانه Grain yield | وزن پانیکول Panicle weight | قطر ساقه Stem diameter | ارتفاع Height | تعداد پانیکول Panicle number | عرض پانیکول Panicle width | طول پانیکول Panicle length | تعداد شاخه جانبی Branches number | شاخص برداشت Harvest index | بهره‌وری فیزیکی Physical productivity |
| مدیریت تلفیقی آب شور Conjunctive moderation of saline water | 5 | 0.5* | 13.8** | 19.9** | 0.06** | 151.8** | 4.6* | 0.3* | 12.9** | 4.4* | 68.5** | 0.1** |
| خطا Error | 12 | 0.12 | 0.3 | 1.05 | 0.006 | 3.5 | 0.4 | 0.03 | 0.1 | 0.6 | 3.6 | 0.001 |
| ضریب تغییرات C.V. | | 3.8 | 4.1 | 5.3 | 13.4 | 3.0 | 17.2 | 6.2 | 2.3 | 19.2 | 5.3 | 2.4 |

** معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد (significant at 1 % levels)، * معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد (significant at 5 % levels) و ns عدم معنی‌داری (non-significant)

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر مدیریت تلفیقی آب شور بر خواص عملکردی و اجزای عملکردی گیاه کینوا

Table 4- Mean comparison of conjunctive moderation of saline water on yield and yield components of Quinoa

| ترکیبات تیماری Treatment | شاخص برداشت Harvest index | وزن پانیکول Panicle weight | قطر ساقه Stem diameter | ارتفاع Height | عرض پانیکول Panicle width | طول پانیکول Panicle length | تعداد پانیکول Panicle number | تعداد شاخه جانبی Branches number |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | percent درصد | g گرم | سانتی‌متر cm | | | | - | |
| شاهد (W) | 42.2 a | 22.97 a | 0.73 a | 71.2 a | 3.43 a | 13.7 a | 4.6 a | 4.3 a |
| آبیاری یک در میان با آب شور و آب چاه (ASW) | 34.6 b | 19.9 b | 0.70 ab | 69.7 a | 3.07 b | 11.7 b | 3.3 a | 3.0 b |
| اختلاط ۵۰:۵۰ آب شور و آب چاه (MSW) | 35.8 b | 18.2 c | 0.67 ab | 63.4 b | 2.96 bc | 9.2 c | 2.0 bc | 2.0 bc |
| آب شور ۱۵ دسی‌زیمنس (SW) | 30.4 c | 16.9 c | 0.37 d | 53.6 c | 2.67 cd | 8.0 d | 1.7 c | 1.3 c |
| شوری موضعی متناوب ریشه (APRS) | 40.2 a | 18.1 c | 0.57 bc | 61.03 b | 2.8 bcd | 9.5 c | 3.0 b | 2.0 bc |
| شوری موضعی ثابت ریشه (FPRS) | 32.9 bc | 17.6 c | 0.47 cd | 55.9 c | 2.6 d | 9.4 c | 2.3 bc | 1.7 c |
| LSD (0.05) | 3.35 | 1.6 | 0.14 | 3.3 | 0.32 | 0.4 | 1.1 | 1.2 |

حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم معنی‌داری در مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد است.

(Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05))

علت کاهش قطر ساقه را به دلیل کاهش آماس سلولی در اثر افزایش تنش و کاهش رشد و توسعه سلول به‌ویژه در ساقه بود. کاهش در قطر ساقه در اثر تنش شوری می‌تواند به دلیل اثرات منفی پتانسیل اسمزی محلول خاک که منجر به کاهش جذب آب و عناصر غذایی شده باشد که مواد و شیره پرورده کمتری به دلیل مقابله با تنش توسط گیاه تولید شده و در نهایت باعث کاهش قطر ساقه می‌شود (Zare, 2018). برخی از پژوهشگران کاهش رشد در شرایط تنش را نوعی سازگاری گیاه برای زنده ماندن تفسیر می‌کنند (Zhu, 2001). شوری با تأثیرگذاری بر اندازه سلول همچنین جلوگیری کردن از تقسیم سلولی باعث کاهش اندازه بافت‌های ریشه و ساقه می‌گردد. شوری حاصل از آب آبیاری منجر به کاهش تعداد و سطح برگ، ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی، تعداد پنجه و دانه و درنهایت کاهش عملکرد در واحد سطح گندم می‌گردد (Pervize *et al.*, 2002). آثار ناشی از تنش شوری بر گیاهان شامل سمیت یونی، تنش اسمزی، کمبود عناصر معدنی، اختلالات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی و ترکیباتی از این تنش‌ها است (Saleh, 2013). تحت تنش‌های محیط از جمله شوری گیاهان از طریق تجمع اسیدآمینه‌های آزاد، قندهای محلول و پرولین، پتانسیل اسمزی خود را کاهش می‌دهند و بدین طریق تنظیم اسمزی حاصل می‌شود که این فرآیند نیازمند صرف انرژی می‌باشد که با افزایش تنش صرف انرژی نیز افزایش می‌یابد که حاصل آن کاهش اندازه اندام‌های گیاه کالارگراس ازجمله قطر ریشه است (Mahmood and Kaiser, 2003). کمبود آب در گیاه باعث کاهش آماس در سلول‌های گیاه می‌شود که این کاهش آماس منجر به کاهش رشد گیاه می‌گردد (Mandal *et al.*, 2008). معمول‌ترین مانع برای انتشار گاز، آب است که محیط ریشه را اشباع می‌کند. در خاک‌های با بیش آبیاری فضای مخصوص هوا از آب پرشده و در این حالت اکسیژن موجود در ریزوسفر توسط ریشه تخلیه‌شده و خاک دارای مشکل کاهش اکسیژن و یا فقدان اکسیژن می‌شود که این حالت منجر به کاهش فعالیت‌های زیستی و متابولیسمی گیاه می‌شود. از طرفی گیاه مقدار زیادی از انرژی که از اندام‌های هوایی جهت رشد دریافت می‌کند، صرف مقابله با تنش شوری می‌نماید. این عمل باعث کاهش کارایی ریشه در جذب عناصر غذایی و آب بری سایر اندام‌ها می‌شود و مجموع این عوامل ممکن است کاهش وزن ریشه را به دنبال داشته باشد (Hinojosa *et al.*, 2018; Jamali, 2017). از جمله دلایل کاهش عملکرد دانه و وزن هزار دانه در شرایط اعمال تنش شوری می‌توان به تعداد کم دانه در پانیکول در اثر عدم تکامل گل در پانیکول به دلیل عدم فراهمی و کافی بودن مواد غذایی برای گیاه باشد که در این شرایط یا دانه تشکیل نشده یا در صورت تشکیل کوچک بوده که وزن آن به‌دلیل کوچکی کاهش می‌یابد. در شرایط تنش شوری رقابت بین سایر اندام‌ها برای تهیه مواد غذایی جذب شده از ریشه افزایش یافته و مواد غذایی کمتری به دانه رسیده و با افزایش این تنش منجر به عدم پر شدن دانه‌ها و سقط شدن بذر می‌شود و در نهایت منجر به کاهش عملکرد دانه و وزن هزار دانه می‌شود (Attar *et al.*, 2015). عدم تعادل در بین سدیم و پتاسیم نیز می‌تواند یکی از دلایل کاهش عملکرد دانه و وزن هزار دانه باشد، به‌طوری‌که کاهش پتاسیم در اندام‌های مختلف بر روی فعالیت آنزیم‌ها و باز و بسته شدن روزنه‌ها اثر منفی دارد (Sarker *et al.*, 2013; Saeedipour, 2018). نتایج این پژوهش با ریاض و همکاران (Riaz *et al.*, 2020)، پرویز و همکاران (Pervize *et al.*, 2020)، جمالی و انصاری (Jamali and Ansari, 2019)، مانا و همکاران (Manaa *et al.*, 2019)، ملکی و همکاران (Maleki *et al.*, 2019)، محمود و همکاران (Mahmoud *et al.*, 2019) بر روی کینوا، مراد و همکاران (Murad *et al.*, 2018) بر روی ذرت و گاندی و همکاران (Gandahi *et al.*, 2017) بر روی پنبه همخوانی داشت. بر اساس نتایج جدول ۵، آبیاری گیاهان بر میزان شوری خاک افزوده است، به‌طوری که استفاده از آب چاه با شوری ۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر نیز هدایت الکتریکی خاک را افزایش داده است. در شرایط استفاده از آب شور نیز تیمارهای ASW و APRS نسبت به سایر تیمارهای شوری، تنش کمتری را به گیاه وارد می‌کند. نتایج این پژوهش با نتایج یزدخواستی و همکاران (Yazdkhasti *et al.*, 2019) و کمالی مسکونی و افضلی (Kamali Maskooni and Afzali, 2019) مطابقت داشت. لازم به ذکر است که با رسیدن به انتهای دوره رشدی گیاه با توجه به تجمع بیشتر نمک‌ها در محدوده توسعه ریشه، هدایت الکتریکی آب زهکشی نیز افزایش یافته است و در تمامی تیمارها از شوری عصاره اشباع نیز بیشتر می‌باشد.

## نتیجه‌گیری

مشابه سایر پژوهش‌های گذشته که اثر آب شور در آبیاری گیاه کینوا را مورد استفاده قرار داده بودند، در این تحقیق نیز، اثر منفی و نامطلوب تنش شوری بر روی خصوصیات این گیاه مشاهده شد. در این پژوهش مشخص شد که استفاده از آب‌های شور در آبیاری با توجه به اعمال مدیریت‌های مختلف تناوبی و اختلاطی بر تعداد شاخه جانبی و پانیکول، طول پانیکول، عرض پانیکول، ارتفاع، قطر ساقه، وزن پانیکول، شاخص برداشت، عملکرد دانه، وزن هزار دانه و بهره‌وری مصرف آب در گیاه کینوا لاین NSRCQ1 اثر منفی داشت. عملکرد دانه در شرایط اعمال تیمارهای ASW، MSW، APRS و FPRS به میزان ۲۳/۴، ۱۸/۰، ۱۸/۹ و ۲/۷ درصد افزایش (نسبت به تیمار SW) نشان داد.

جدول ۵- اثر مدیریت تلفیقی آب شور بر $EC_e$ و $EC_{dw}$

Table 5- The effects of conjunctive moderation of saline water on $EC_e$ and $EC_{dw}$

| Treatment تیمار | هدایت الکتریکی آب زهکش $EC_{dw}$ ($dS.m^{-1}$) | | | هدایت الکتریکی عصاره اشباع $EC_e$ ($dS.m^{-1}$) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ۵ اسفند ۱۳۹۷ 2019 Feb 24 | ۱۵ بهمن ۱۳۹۷ 2019 Feb 04 | ۱۵ دی ۱۳۹۷ 2019 Jan 05 | بعد از آبیاری After irrigation | قبل از آبیاری Before irrigation |
| آب چاه FW | 4.4 | 3.8 | 3.3 | 3.3 | |
| آب شور با شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر SW | 27.4 | 23.4 | 19.5 | 26.7 | |
| آبیاری یک در میان با آب شور و چاه ASW | 14.4 | 10.9 | 8.8 | 13.4 | |
| اختلاط ۵۰ درصدی آب شور و چاه MSW | 21.5 | 16.8 | 11.3 | 18.6 | 1.2 |
| شوری موضعی ریشه ثابت و نیمه مربوط به آب چاه FPRS Part of irrigation with FW | 24.0 | 21.2 | 18.3 | 3.9 | |
| شوری موضعی ریشه ثابت نیمه مربوط به آب شور FPRS part of irrigation with SW | | | | 23.1 | |
| شوری موضعی ریشه متناوب APRS | 15.4 | 12.7 | 9.6 | 14.2 | |

اعمال تیمارهای مدیریتی در آبیاری گیاه کینوا منجر به بهبـود در بهره‌وری فیزیکی مصرف آب شده است، به‌طوری‌که اعمال تیمارهای ASW، MSW، FPRS و APRS نسـبت بـه تیمـار SW منجـر بـه تغییرات مثبت شده و بـه میـزان ۲۵/۰، ۱۲/۵، ۳/۸ و ۲۵/۰ درصـد در این صفت افزایش مشاهده شد. در این پژوهش بیشـترین و کمتـرین میزان از وزن هزار دانه نیز به‌ترتیب با ۳/۷۶ و ۲/۴۲ گرم در تیمارهای FW و SW مشاهده شد. در این پژوهش تیمارهای ASW و APRS با عملکرد و بهره‌وری مصرف آب بیشتر در شرایط اعمال آب شـور در آبیاری، به‌عنوان تیمار بهینه معرفی شده و بـرای پـژوهش‌هـای آتـی پیشنهاد می‌شود. به منظـور بهـره‌گیـری از ایـن دو تیمـار در شـرایط استفاده از آب شور در شرایط مزرعه‌ای و در شرایطی که منبـع آب بـا کیفیت‌تر از آب شور محیا باشد (به‌عنوان مثال آب شـرب یـا آب لـب شور) برای اعمال تیمار ASW باید در هـر نوبـت آبیـاری بـه‌صـورت تناوبی از منابع آبی در دسترس استفاده کرد. در شرایطی کـه کشـاورز بخواهد از تیمار APRS استفاده کند می‌تواند مشابه آبیاری جویچه‌ای یک در میان یکی از جویچه‌ها را بـا آب شـور و دیگـری را بـا آب بـا کیفیت بهتـر آبیـاری کنـد. در شـرایط اسـتفاده از دو تیمـار ASW و APRS در آبیاری، شوری عصاره اشباع خاک نسبت به سایر تیمارهـا کمتر است.

## References


1. Al-Naggar, A. M. M., El-Salam, R. A., Badran, A. E. E., and El-Moghazi, M. M. 2017. Drought tolerance of Five Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Genotypes and Its Association with Other Traits under Moderate and Severe Drought Stress. Asian Journal of Advances in Agricultural Research 3 (3): 1-13.
2. Attar, S. F., Mohammadkhani, A., and Houshmand, S. 2015. Effect of Salt Stress on Seed and Oil Yield, Chlorophyll and Proline Content in Three Local Populations of Castor Bean (*Ricinus communis* L.) in Controlled Environment. Journal of Crop Production and Processing 4 (14): 215-227. (in Persian with English abstract).
3. Gandahi, A. W., Kubar, A., Sarki, M. S., Talpur, N., and Gandahi, M. 2017. Response of Conjunctive Use of Fresh and Saline Water on Growth and Biomass of Cotton Genotypes. Journal of Basic and Applied Sciences 13: 326-334.
4. Hinojosa, L., González, J., Barrios-Masias, F., Fuentes, F., and Murphy, K. 2018. Quinoa abiotic stress responses: A review. Plants 7 (4): 1-32.
5. Hussain, M. I., Al-Dakheel, A. J., and Reigosa, M. J. 2018. Genotypic differences in agro-physiological, biochemical and isotopic responses to salinity stress in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plants: Prospects for salinity tolerance and yield stability. Plant Physiology and Biochemistry 129: 411-420.
6. Iqbal, S., Basra, S. M., Afzal, I., Wahid, A., Saddiq, M. S., Hafeez, M. B., and Jacobsen, S. E. 2019. Yield potential and salt tolerance of quinoa on salt-degraded soils of Pakistan. Journal of Agronomy and Crop Science 205 (1): 13-21.
7. Jamali, S., and Ansari, H. 2019. Effects of water quality and irrigation management on growth and yield of Quinoa. Water Research in Agriculture 33 (3): 339-351. (in Persian with English abstract).
8. Jamali, S., and Sharifan, H. 2018. Investigation the effect of different salinity levels on yield and yield components

of Quinoa (Cv. *Titicaca*). Water and Soil Conservation 25 (2): 251-266. (in Persian with English abstract).
9. Jamali, S. 2017. Investigation the effects of different salinity and deficit irrigation on yield and yield components of Quinoa. MSc thesis of irrigation and derainage, Gorgan university of Agriculture science and Natural resource. (in Persian with English abstract).
10. Kamali Maskooni, E., and Afzali, S. F. 2019. Effect of irrigation with different salinities on some soil characteristics and salt concentration factor (Case study: Bighard, Khonj). Journal of Environmental Science and Technology 21 (4): 141-152. (in Persian with English abstract).
11. Khalili, S. Bastani, A., and Bagheri, M. 2019. Effect of different levels of irrigation water salinity and phosphorus on some properties of soil and Quinoa plant. Iranian Journal of Soil Research 33 (1): 155-167.
12. Khorasaninejad, S., Alizadeh Ahmadabadi, A., and Hemmati, K. 2018. The effect of humic acid on leaf morphophysiological and phytochemical properties of *Echinacea purpurea* L. under water deficit stress. Scientia Horticulturae 239: 314-323.
13. Mahmood, T., and Kaiser, W. M. 2003. Growth and solute composition of the salt-tolerant kallar grass [*Leptochloa fusca* (L.) Kunth] as affected by nitrogen source. Plant and Soil 252 (2): 359-366.
14. Mahmoud, A. H., Atteya, M. G., El-Damarawy, Y. A., and Saleh, M. E. 2019. Effects of water salinity and nitrogen fertilization on the production of quinoa grown in clay and sandy soils. The Middle East Journal 8 (2) 746-754.
15. Manaa, A., Goussi, R., Derbali, W., Cantamessa, S., Abdelly, C., and Barbato, R. 2019. Salinity tolerance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) as assessed by chloroplast ultrastructure and photosynthetic performance. Environmental and Experimental Botany 162: 103-114.
16. Mandal, K., Saravana, R., and Maiti, S. 2008. Effect of different levels of N, P and K on downy mildew (*Peronospora plantaginis* L.) and seed yield of plantago ovate. Crop Protection 27 (6): 988- 995.
17. Mansour, H. A., Hongjouan, R., Jiandong, H., Feng, B. H., and Changmei, L. 2019. Performance of Water Desalination and Modern Irrigation Systems for Improving Water Productivity. In Irrigation-Addressing Past Claims and New Challenges.
18. Maleki, P., Saadat, S., Bahrami, H. A., Rezaei, H., and Esmaeelnejad, L. 2019. Accumulation of ions in shoot and seed of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under salinity stress. Communications in Soil Science and Plant Analysis 50 (6): 782-793.
19. Maleki, P., Bahrami, H. A., Saadat, S., Sharifi, F., Dehghany, F., and Salehi, M. 2018. Salinity threshold value of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) at various growth stages and the appropriate irrigation method by saline water. Communications in Soil Science and Plant Analysis 49 (15): 1815-1825.
20. Marzi, M., Mirzaei, F., and Liaghat, A. 2019. Investigation of water absorption and yield of silage corn in different conditions of saline and non-saline water. Journal of Water and Irrigation Management 9 (1): 1-14. (in Persian with English abstract).
21. Miranda-Apodaca, J., Yoldi-Achalandabaso, A., Aguirresarobe, A., del Canto, A., and Pérez-López, U. 2018. Similarities and differences between the responses to osmotic and ionic stress in quinoa from a water use perspective. Agricultural Water Management 203: 344-352.
22. Murad, K. F. I., Hossain, A., Fakir, O. A., Biswas, S. K., Sarker, K. K., Rannu, R. P., and Timsina, J. 2018. Conjunctive use of saline and fresh water increases the productivity of maize in saline coastal region of Bangladesh. Agricultural Water Management 204: 262-270.
23. Parvez, S., Abbas, G., Shahid, M., Amjad, M., Hussain, M., Asad, S. A., Imran, M., and Naeem, M. A. 2020. Effect of salinity on physiological, biochemical and photostabilizing attributes of two genotypes of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) exposed to arsenic stress. Ecotoxicology and environmental safety 187: 109814.
24. Pervize, Z., Afzal, M., Xi, S., Xiao, Y., and Anchng, L. 2002. Pysiological parameters of salt tolerance in wheat. Asian Journal of Plant Science 1: 478-481**.**
25. Pulvento, C., Riccardi, M., Lavini, A., Iafelice, G., Marconi, E., and d'Andria, R. 2012. Yield and Quality Characteristics of Quinoa Grown in Open Field under Different Saline and Non-Saline Irrigation Regimes. Journal of Agronomy and Crop Science 198 (4): 254-263**.**
26. Qadir, M., and Oster. J. 2004. Crop and irrigation management strategies for saline-sodic soils and waters aimed at environmentally sustainable agriculture. Science of the Total Environment 323 (1): 1-19.
27. Razzaghi, F., Ahmadi, S. H., Jacobsen, S. E., Jensen C. R., and Andersen. M. N. 2012. Effects of salinity and soil–drying on radiation use efficiency, water productivity and yield of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Journal of Agronomy and Crop Science 198 (3): 173-184**.**
28. Riaz, F., Abbas, G., Saqib, M., Amjad, M., Farooq, A., Ahmad, S., Naeem, M. A., Umer, M., Khalid, M. S., Ahmad, Kh., and Ahmad, N. 2020. Comparative effect of salinity on growth, ionic and physiological attributes of two quinoa genotypes. Pakistan Journal of Agricultural Sciences 57 (1): 115-122.
29. Saeedipour, S. 2018. Effect of salinity tension on yield, concentration and distribution of some elements in different organs of two rice (*Oriza sativa* L.). Crop Physiology Journal 36: 27-40. (in Persian with English abstract).

30. Saleh, B. 2013. Water Status and Protein Pattern Changes towards Salt Stress in Cotton. Journal of Stress Physiology and Biochemistry 9 (1): 113-123.
31. Sarkar, R. K., Mahata, K. R., and Singh, D. P. 2013. Differential responses of antioxidant system and photosynthetic characteristics in four rice cultivars differing in sensitivity to sodium chloride stress. Acta Physiologiae Plantarum 35: 2915-2926.
32. Tabatabaei, S. H., Pesarakli, M., and Nourmahnad, N. 2019. Responses of grass (Seashore Paspalum) to Alternate Management of Saline water. Journal of Water and Soil Resources Conservation 8 (3): 1-10. (in Persian with English abstract).
33. Yang, A., Akhtar, S. S., Iqbal, S., Qi, Z., Alandia, G., Saddiq, M. S., and Jacobsen, S. E. 2018. Saponin seed priming improves salt tolerance in quinoa. Journal of Agronomy and Crop Science 204 (1): 31-39.
34. Yazdkhasti, M., Shayanmejad, M., Eshghizadeh, H. R., and Feizi, M. 2019. Effect of Conjunctive Irrigation on Soil Salinity and Herbal Elements of Sorghum and Simulation of Output Salt Using SWAP Model. Irrigation Sciences and Engineering (JISE) 42 (4): 121-135. (in Persian with English abstract).
35. Zhu, J. K. 2001. Plant salt tolerance. Trends in Plant Science 6 (2): 66-71.
36. Zare, R. 2018. The effect of using sea water on yield and yield components of Herb purslane (*Portulacea oleracea* L.) under different irrigation levels. MSc thesis of irrigation and derainage, Gorgan University of Agriculture Science and Natural Resource. (in Persian with English abstract).

**Iranian Journal of Field Crops Research**
**Vol. 19, No. 1, Spring. 2021, p. 49-59**

**نشریه پژوهشهای زراعی ایران**
**جلد ۱۹، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، ص. ۵۹-۴۹**

# Investigation the Effects of Conjunctive Irrigation with Saline Water on Morphological Properties and Yield of Quinoa

**S. Jamali[1], H. Ansari[2*]**

Received: 13-01-2020
Accepted: 12-01-2021

**Introduction:** Increasing population growth along with the lack of freshwater resources have necessitated the use of unconventional water resources in agriculture, as the largest fresh water consumer, especially in the arid and semiarid areas. Application of suitable irrigation management with saline water can reduce the yield loss caused by salinity. Saline farming is based on the cultivation of crops and plant varieties that can tolerate high levels of salinity. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild.) is a genetically diverse Andean grain crop that has earned special attention worldwide due to its nutritional and health benefits and its ability to adapt to contrasting environments, including nutrient-poor and saline soils and drought stressed marginal agro-ecosystems. Drought and salinity are the abiotic stresses most studied in quinoa. Cultivation of salinity resistant cultivars, such as Quinoa plant is one of the techniques to use saline water. The results of Jamali and Ansari (2019) showed that irrigation with saline water during all the growth stages of quinoa plants (Titicaca cv) significantly decreases grain yield and 1000 kernel weights by 20.8% and 20.0 %, respectively. Therefore, this study aims to investigate the impact of conjunctive moderation of saline water in irrigation of Quinoa plants (*Chenopodium quinoa* Wild.).

**Materials and Methods:** Research station is located in northeast of Iran at 36° 16' N latitude and 59° 38' E longitude with 958.0 meters height from sea level. In this study, six irrigation treatments including well water (1.23 $dS.m^{-1}$; control treatment (W)), saline water (15 $dS.m^{-1}$, SW), alternative saline water and freshwater (ASW), mixture of 50:50 saline and freshwater (7.2 $dS.m^{-1}$, MSW), fixed partial root-zone salinity-stress (FPRS), and alternative partial root-zone salinity-stress (APRS) were evaluated on some growth parameters, yield, and physical productivity of water in Quinoa (CV. Titicaca) production. The research was done based on completely randomized design, including three replications as pot planting in the Ferdowsi University of Mashhad, at greenhouse conditions, during 2018-2019. The seeds of Quinoa were planted at a depth of 1.5 centimeter in silty clay soil of each pot and were irrigated with well water. Physical and chemical properties of irrigation water and soil were determined before experiment. The collected data analyzed using statistical software of SAS (Ver. 9.0) and the means were compared using LSD test at 5 % probability.

**Results and Discussion:** The results showed that, different irrigation moderation had a significant impact on physical productivity of water, harvest index, panicle length, plant height, stem diameter, panicle weight, and grain yield at 1% ($P<0.01$), but this treatment was significant at 5% ($P<0.05$) on branches number, panicle width, panicle number, and 1000 kernel weights. The maximum reduction in physical productivity of water was observed in plants receiving SW treatment (15 $dS.m^{-1}$ NaCl). Notable increases of 23.1%, 19.2%, 3.8%, and 19.2% in the 1000 kernel weight, 25%, 23.4%, 2.7%, and 18.9% grain yield and 25%, 12.5%, 3.8%, and 25% physical water productivity in Quinoa (c.v. NSRCQ) production were observed when plants were grown under applying ASW, MSW, FPRS, and APRS moderation, compared with SW moderation.

**Conclusions:** Whilst comparing with control treatments (W), the lowest decreases of 19.4%, 23.5%, and 23.1% were noted respectively in grain yield, 1000 kernel weights, and physical water productivity exposed to ASW treatment. The NSRCQ cultivar showed the highest potential for yield and growing under saline conditions (ASW and APRS moderation). Morphological and yield responses of Quinoa (c.v. NSRCQ) to all treatments (moderation saline water), under greenhouse conditions, showed that quinoa has wide plasticity and tolerance to salinity stress. Due to the lack of water resources and increasing population growth, it is recommended to use unconventional water (for exp. saline water) and cultivation of crop varieties (for exp. Quinoa) that can tolerate high levels of salinity, especially in the arid and semiarid areas.

**Keywords:** 1000 kernel weight, Alternate moderate, Grain yield, Partial root-zone salinity-stress, Physical productivity

1- PhD candidate, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2- Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
(*- Corresponding Author Email: Ansary@um.ac.ir)